

항공사진을 이용한 도로차선 자동매칭 Automatic Road Lane Matching Using Aerial Images

김진곤¹⁾ · 한동엽²⁾ · 유기윤³⁾ · 김용일⁴⁾

Kim, Jin Gon · Han, Dong Yeub · Yu, Gi Yun · Kim, Yong Il

¹⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정(E-mail:jamgon27@snu.ac.kr)

²⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 박사과정(E-mail:hkyon@cricmail.net)

³⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 교수(E-mail:kiyun@plaza.snu.ac.kr)

⁴⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 교수(E-mail:yik@plaza.snu.ac.kr)

Abstract

Aerial Images are usually used to extract 3-D coordinates of various urban features. In this process, the stereo matching of images should be performed precisely to extract these information from aerial images. In this research, we proposed a matching technique based on geometric features of lanes. We extracted lanes from aerial images and grouped into 4 lane's types. They are lane lines, dotted lines, arrow lane, safety zone. After preprocessing, We will match them by spatial relationships, for example, the distance and orientation between the extracted features. In the future, we will obtain lane coordinates and reconstruct 3-d coordinates of roads.

1. 서 론

도시의 3차원 지형정보를 얻기 위해 입체항공사진이 많이 이용되고 있다. 이 과정에서 정확한 3차원 지형정보를 자동으로 추출하기 위해서는 두 항공사진상의 동일 개체에 대한 정확한 매칭이 선행되어야 한다. 기존의 제안된 기법으로는 영상의 상관계수를 이용하는 방법과 영상의 화소값을 이용하여 최소제곱법을 적용하는 방법, 그리고 기하학적 특징을 이용하는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 도로차선의 기하학적인 특징 및 개체들간의 공간적 분포특성을 활용한 매칭 방법을 제안하였다. 이를 위하여 도로교통법의 관련 규정과 선형 개체가 가지는 특징들, 즉 도로차선에 내접하는 최대원의 반지름의 길이는 작다는 점을 이용하여 도시의 도로 노면 표지를 항공사진에서 추출하고 추출된 개체들을 4가지의 도로 노면 표지로 분류하였다. 그 결과로 2개의 표지는 항공사진에서 정확히 추출되었고, 나머지 두 개는 약간의 노이즈를 포함하고 추출되었다. 그러나 이 노이즈는 매칭 과정에서 제거가 가능한 것으로 예상된다. 이러한 결과를 바탕으로 그룹별로 개체의 형상정보 및 인접 개체들과의 관계를 이용한 매칭 알고리즘을 제안하였다. 도로차선의 정확한 매칭이 이루어 진다면 도로의 정확한 3차원 위치정보 획득이 가능하며, 도로 모델링도 가능할 것으로 사료된다.

2. 연구 데이터 및 흐름도

실험에 사용한 항공사진은 2002년 9월 28일 CARAVAN 항공기에 탑재된 RC-10 항공카메라에 의해 촬영된 것으로 촬영고도는 약 1,000m이다. 도로차선의 자동매칭을 위하여 노면표지가 다양하고 도로가 넓은 서울역 앞 교차로를 실험 지역으로 선택하였다(그림1).

본 연구의 흐름도는 그림 2와 같다. 전처리 단계로 항공사진을 이진영상화한다. 그리고 추출된 각각의 개체를 레이블링(labeling)하고 형상정보, 넓이 등을 이용하여 선형 개체를 추출하였다. 추출된 선형 개체는 도로교통법에 의한 도로 노면 표지 규정을 참고하여 분류하고 그룹화한다. 좌우 영상의 동일 노면

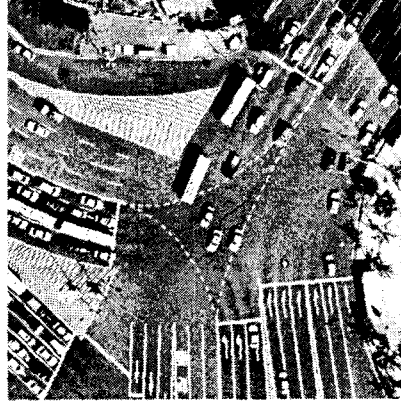
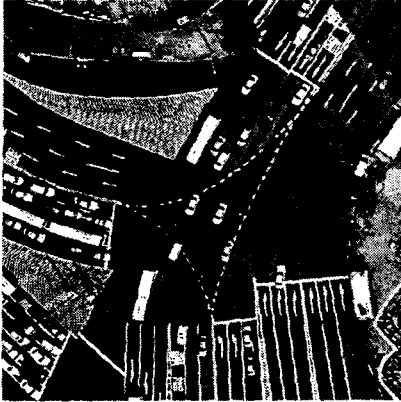


그림 1. 항공사진, 서울역 앞

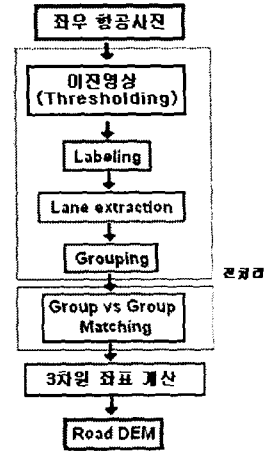


그림 2. 연구 흐름도

표지를 찾기 위하여 개체의 공간분포특성을 이용한 그룹별 매칭 알고리즘을 적용한다. 매칭된 개체들은 외부표정요소를 이용하여 도로차선의 3차원 위치를 획득할 수 있다.

3. 도로 노면 표지 추출

3.1 Thresholding

Thresholding은 영상을 이진영상으로 변환하는 방법으로 임계값을 주어 임계값 미만의 화소값은 0으로 이상의 화소값은 1로 할당하였다. 일반적으로 도로 노면 표지는 검정색의 아스팔트 위에 그려지게 되고, 도로 노면 표지는 아스팔트와의 구분을 명확하게 하기 위해 큰 밝기 차를 가지는 흰색 또는 주황색을 이용하게 된다. 이러한 도로 노면 표지의 성질은 Thresholding 변환을 적용하게 되면 도로 노면 표지를 명확히 구별해내는 데 이용될 수 있다. 본 연구에서 영상전처리 단계로 256색의 흑백 항공영상을 이진영상으로 변환하는 과정을 수행하였다. 임계값은 N. Otsu에 의해 제안된 방법(1979)에 의해 자동으로 결정될 수 있지만 본 연구에서는 육안으로 확인하여 적당한 임계값을 사용하였다.

3.2 노면 표지 선정

도로 노면 표지는 선형의 성분들로 구성되어 있으므로 선형 개체의 형상 특징을 이용하여 이진영상에 나타난 개체들 중 이에 해당하는 것들만 선택한다. 선형 개체의 첫 번째 특징은 장축의 길이가 단축의 길이보다 월등히 크다는 것, 즉 이심률이 1에 가까운 값을 갖게 된다. 도로 차로 분리선의 경우는 이심률이 0.99이상의 값을 가지게 되고, 이심률이 가장 낮은 차량 유도선의 경우도 0.93이상의 값을 가지게 된다. 두 번째 특징은 개체 내에 내접원을 그렸을 때 내접원의 반지름이 다른 종류의 형상에 비해 작은 값을 갖는다는 것이다. 이 조건을 적용하면 선형 형태의 개체가 아닌 대부분의 개체들은 제거가 된다. 그러나 가로수를 나타내는 개체들은 개체 내에 빈 공간이 여러 곳 존재하기 때문에 내접원의 크기와 이심률을 적용하여 가로수와 차선을 분류할 수 있다(그림3). 안전지대의 경우는 최대 내접원의 반지름은 작은 값을 가지게 되지만 이심률은 차량 유도선보다는 작은 값을 가지게 된다. 그로 인해 가로수와 안전지대가 동시에 제거되는 문제가 발생하기 때문에, 가로수와 안전지대를 구분하기 위하여 면적조건과 solidity¹⁾ 값을 적용하였다.

1)

$$solidity = \frac{\text{개체의 실제 면적}}{\text{개체의 convex 면적}}$$



그림 3. feature내의 최대 내접원

3.3 노면 표지 그룹화

실험 영상에서는 차로 분리선, 화살표, 차량 유도선 그리고 안전지대 표지선이 존재한다. 4가지의 도로 노면 표지는 각기 고유의 형상을 가지고 있기 때문에 형상 조건을 이용하여 4가지의 표지를 구분할 수 있다. 표지의 형상은 도로교통법의 규정을 따르지만, 지방경찰청별로 약간의 차이를 가지고 있다. 서울시의 경우 차로 분리선은 가로길이 3m, 세로길이 0.15m로 규정되어 있다. 화살표는 차로분리선보다 단축의 길이가 크기 때문에 단축의 길이 및 장축의 길이를 이용하여 구분할 수 있다. 안전지대는 다른 도로 노면 표지보다 넓이가 크기 때문에 넓이와 solidity의 속성 정보를 이용하면 구별해 낼 수 있다.

본 연구의 매칭과정은 개체 대 개체 매칭이 아닌 개체그룹 대 개체그룹 매칭이기 때문에 도로 노면 표지의 종류정보가 필요하다. 표지의 그룹은 동일한 타입의 개체들 간에 일정 버퍼를 형성하여 그 버퍼 안에 들어오는 모든 개체를 같은 그룹으로 만들었다.

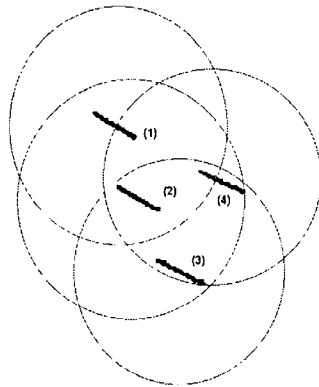


그림 4. 동일 타입의 개체들의 그룹화

3.4 표지의 속성정보

매칭을 수행하기 위해서는 도로 노면 표지 개체의 여러 가지 속성정보가 필요하다. 속성정보는 개체의 넓이, 장축의 길이, 단축의 길이, 이심률, 방향각, 중심좌표 및 인접 개체리스트와 각각의 거리 및 방향으로 이루어진다.

개체의 넓이는 개체 내의 화소의 개수를 의미하며, 장축의 길이와 단축의 길이는 개체와 동일한 2차 모멘트를 가지는 타원체를 만들었을 때, 이 타원체의 장축과 단축 길이를 의미하며, 방향각은 장축이 영상의 행과 이루는 각을 말한다(그림 5). 개체의 중심좌표는 화소의 x좌표 평균과 y좌표 평균을 계산한 것이고, 인접 개체리스트는 원 개체의 중심좌표를 기준으로 중심좌표가 일정 범위 안에 포함되는 개체들을 검색하여 목록화한 것이다. 개체간의 공간적 분포를 속성정보로 추가하기 위하여 각각의 인접 개체는 대상 개체와의 거리 및 방향을 계산하여 속성정보를 추가하였다.



그림 5. (좌) 개체의 장축, 단축의 길이, (우) 개체의 주축 방향각

4. 매칭(matching)

연구에 사용될 매칭 방법은 그룹 대 그룹 매칭으로 도로 노면 표지의 종류에 따라 차선으로 구분하고 구분된 차선을 인근 개체들과 그룹화하였다. 동일 타입을 기준으로 두 영상의 그룹들은 그룹 내의 개체들의 분포 상태를 의해 비교하여, 실험에서는 개체들 간의 거리와 방향이 비교되었다.

알고리즘은 우선 각 그룹의 개체를 개체의 중심의 x좌표를 기준으로 좌에서 우로 정렬한다. 각 그룹의 정렬된 개체를 다음과 같이 정의한다.

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$$

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$$

각 영상에서 r_1, r_2 개체와 l_1, l_2 개체의 거리 및 방향성을 비교한다.

① 만약 두 번째 개체가 동일하다면

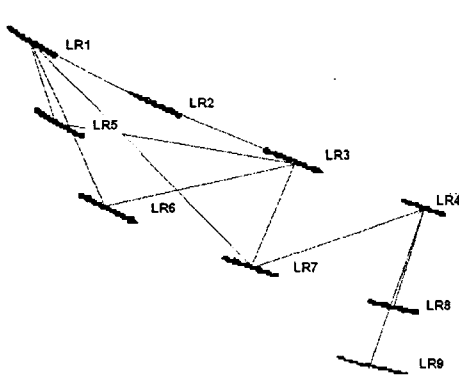
세 번째 개체를 비교한다. 이때 첫 번째 개체와 세 번째 개체, 두 번째 개체와 세 번째 개체를 비교한다.

② 만약 두 번째 개체가 동일하지 않다면 영상2의 세 번째 개체로 넘어간다.

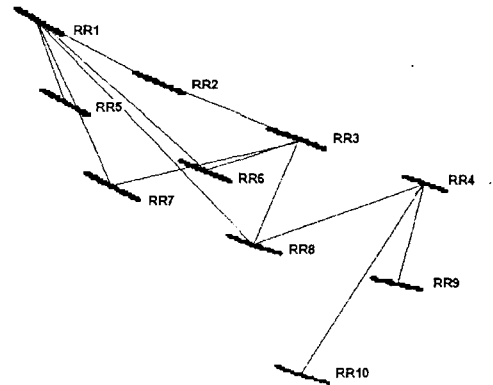
2-1) 만약 동일한 개체가 나오면 개체를 매칭하고 단계 ①로 이동한다. 이 때 영상2에서 매칭이 되지 않은 가장 좌측 개체부터 비교한다.

2-2) 그렇지 않으면 다음 개체로 넘어간다. 마지막 개체까지 없을 경우 영상1의 두 번째 개체는 영상2에 존재하지 않는 것이 된다. 영상1에서 두 번째 개체는 매칭이 안된 상태로 남겨두고 세 번째 개체로 넘어가며 단계 ①로 이동한다. 이 때 영상2의 매칭이 되지 않은 가장 좌측 영상부터 비교를 한다.

위의 연산을 모든 개체에 적용하면 두 그룹에서 동시에 존재하는 개체와 그렇지 않은 개체들이 검색되며 동시에 존재하는 개체에 대해서는 매칭이 이루어지게 된다. 차로 분리선의 경우는 일정한 패턴을 반복하여 차로 분리선만으로는 첫 개체를 매칭하기 어렵다. 그래서 안전지대와 같은 비규칙적인 패턴을 가지는 주위 개체를 기준으로 첫 개체를 정확하게 추정하는 것이 중요하다.



(a) 영상 1의 차로분리선 그룹



(b) 영상2의 차로분리선 그룹

그림 6. 매칭 알고리즘

그림6의 두 영상은 동일한 그룹을 나타낸 것이고 아래는 두 영상의 개체 중심의 x좌표를 기준으로 좌에서 우로 정렬한 것이다.

영상1 : [LR1 LR5 LR6 LR2 LR7 LR3 LR9 LR6 LR4]

영상2 : [RR1 RR5 RR7 RR2 RR6 RR8 RR3 RR10 RR9 RR4]

영상1 그룹에서는 영상2의 RR6과 RR10에 해당하는 개체가 존재하지 않고 영상2 그룹에서는 영상1의 LR9에 해당하는 개체가 존재하지 않는다. 영상1의 LR1, LR5, LR6, LR2 개체들과 영상2의 RR1, RR5, RR7, RR2 개체들은 모든 조건을 만족하며 매칭이 이루어진다. 영상1에서의 LR7 개체는 RR6 개체와는 동일하지 않기 때문에 RR8 개체로 넘어가 RR8 개체와 매칭이 이루어진다. 그 다음 LR3 개체는 영상2에서 매칭이 안된 가장 좌측 개체인 RR6 개체와 비교한 후 RR3 개체로 넘어가 매칭이 이루어지게 된다. LR9 개체의 경우는 영상2에 존재 하지 않기 때문에 RR10, RR9 그리고 RR4 개체들과 비교한 후 매칭이 되지 않은 상태로 남게 되고 연산은 LR8 개체로 넘어간다. LR8 개체는 RR9 개체와 매칭이 이루어지고 LR4 개체는 RR4 개체와 매칭이 이루어지게 된다. 여기서 영상2에서 매칭이 안된 개체를 다시 체크하는 것은 중심의 x좌표상의 오차로 인해 두 영상에서 순서가 다를 수 있기 때문이다.

5. 결 과

5.1 선형 개체 추출

본 연구의 수행은 Matlab 언어로 코딩하였고 윈도우 환경에서 실행되었다. 그림1은 Thresholding 과정을 거친 이진영상으로 도로 노면 표지가 가질 수 있는 최소 면적(차량 유도선) 이하의 개체들을 제거한 것이다. 두 항공사진의 영상상태의 차이로 인해 각각 다른 임계값을 주어 두 이진영상의 결과를 비슷하게 만들었다.

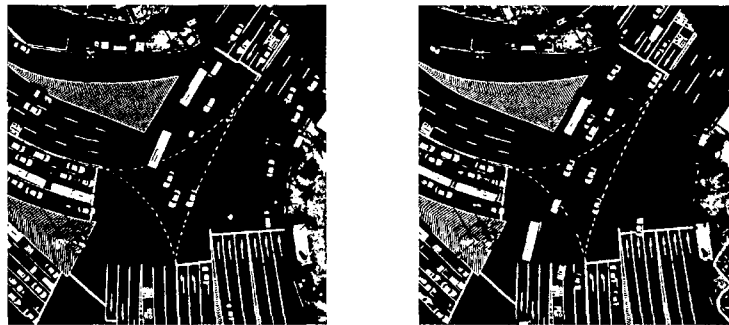


그림 7. 이진영상으로 변환된 항공사진

생성된 이진영상에 레이블링을 하여 면적, 장축 및 단축의 길이, 이심률, 최대 내접원의 반지름 등을 계산한 후 선형 개체만을 추출하였다(그림8). 도로 노면 표지가 아닌 차량의 트렁크 부분과 보도블록의 일부 선형 개체들이 포함되어 있는데, 이러한 개체들은 도로 노면 표지 규정을 적용하여 추가로 제거하였다.

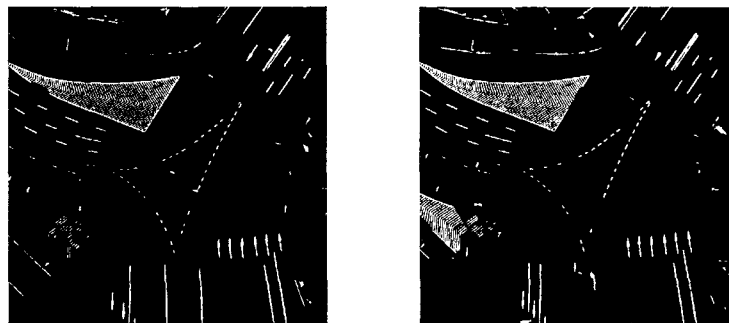
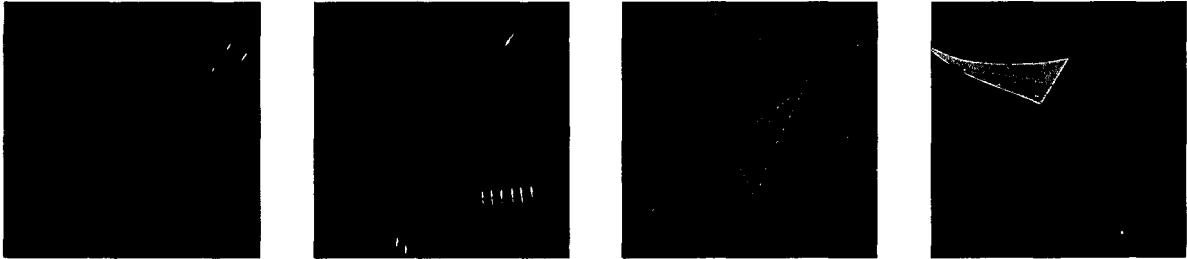


그림 8. 추출된 선형 개체

5.2 노면 표지의 그룹화

선형형태의 개체들을 도로 노면 표지의 규정에 따라 다음과 같이 4가지로 구분하였다. 안전지대는 불규칙한 형태를 가지기 때문에 형상조건의 solidity를 고려하여 구분하였다. 그림 9와 같이 화살표와 안전지대는 정확하게 구분되었다. 차로 분리선은 몇 개의 다른 선형 개체들이 포함되어 있지만 매칭과정에서 제거될 수 있다. 차로 유도선은 다른 선형 개체들이 많이 포함되어 있으므로, 이를 제거하기 위해 차로 유도선을 링크시켜 곡선을 만들고 이 곡선의 일정 버퍼 안에 들어오지 못하는 개체를 구분하면 제거가 가능하다.



(a) 차로 분리 표지

(b) 화살표 표지

(c) 차량 유도 표지

(d) 안전지대 표지

그림 9. 표지의 그룹화

6. 결론 및 향후 연구 방안

본 논문에서는 도로차선 자동매칭을 위해 차선간의 분포특성을 고려하는 알고리즘을 제안하였다. 전체 실험의 전처리 과정에 해당하는 도로 노면 표지를 추출하였고, 그 결과를 살펴보았다. 현재 진행된 결과들을 보면 도로차선의 분포특성을 이용한 자동매칭이 가능함을 알 수 있으며, 알고리즘의 완전한 구현과 구현상의 문제점을 분석, 개선하여 도로의 3차원 좌표를 생성하여야 한다. 또한 실험지역을 확대하여 여러 종류의 도로 노면 표지 타입에도 적용해야 한다.

참고문헌

- G. Vosselman Relational Matching(1992), *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, Germany
Heipke, C. (1996), Overview of Image Matching Techniques, *OEEPE Workshop on the Application of Digital*
Otsu. N(1979), A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no.1, pp. 62-66
Trinde. J. C. and Wang. Y(1998), Automatic Road Extraction from Aerial Images, *Digital Signal Processing*, vol.8, Issue 4, pp.215-224
Yang, S. C., Han, D. Y., Kim, M. S., and Kim, Y. I. (2003), Semi automatic extractioin using Road Markings, *ISRSE*